PART6 変成条件の推定

目標　代表的な鉱物の多形と，そこから推定される変成条件について説明できる。

Chapter1　変成条件の推定

変成岩には，さまざまな温度・圧力条件で形成されたものがあることを学びました。それらの条件は，どのようにして推定されるのでしょうか。

多形と相図

・**多形**

鉱物は，原子やイオンが規則正しく配列している固体である。

同じ化学成分の固体でも，温度・圧力条件によって粒子の安定な配列のしかた〔結晶構造〕が異なっている。そのため，同じ化学成分でも結晶構造の異なる鉱物が存在する。それらの鉱物の関係を**多形**という。

・**相図**

温度・圧力条件によって，ある物質の安定に存在できる気体，液体，固体といった状態，あるいは多形は異なっている。この状態と多形を総称したものを相といい，温度・圧力条件と安定な相との関係を示した図を相図という。

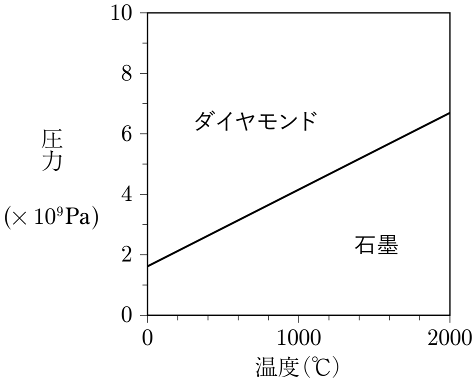
知っておこう

大学で鉱物学や岩石学を学ぶときは，横軸に固溶体の成分，縦軸に温度をとった相図も重要になります。

高校地学では，温度と圧力を軸とした相図を正しく読み取ることができれば十分です。

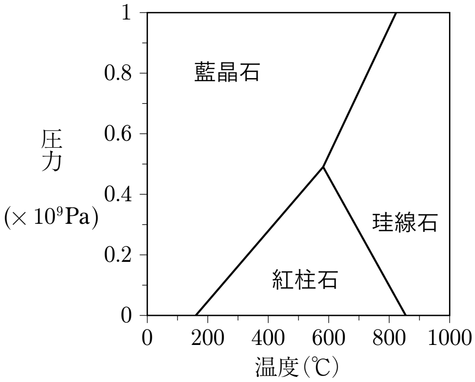
変成鉱物と変成条件

・C の相図



→ダイヤモンドは，石墨とくらべて（低温高圧 / 高温低圧）の条件下で安定な鉱物。

・Al_2SiO_5 の相図



→藍晶(らんしょう)石だけを含む変成岩は，紅柱石だけを含む変成岩とくらべて（低温高圧 / 高温低圧）の条件で形成されたと推定できる。

知っておこう

相図が示すのはあくまで「安定な」相です。相の間の変化〔相転移〕にはエネルギーが必要であり，条件を変えたからといって必ず一瞬で相転移が起こるというわけではありません。輝くダイヤモンドが気付いたら真っ黒な石墨になっていた……などということがないのはそのためです。

まとめ

・同じ化学成分でも結晶構造の異なる鉱物が存在する。そのような鉱物どうしの関係を＿＿＿＿という。
・化学組成 C の鉱物としては，低温高圧で安定なダイヤモンドと，高温低圧で安定な＿＿＿＿がある。
・化学組成 Al_2SiO_5 の鉱物には紅柱石，藍晶石，＿＿＿＿がある。これらのうち最も低温高圧で安定なものは＿＿＿＿である。

Chapter2　演習問題

ここでは，Al_2SiO_5 の相図を用いて，相図についての理解を深めましょう。

問題⑴　地下の圧力について述べた次の文章中の空欄［　**ア**　］～［　**エ**　］に入る式を答えましょう。

地下の深さ z における圧力は，単位面積にはたらく地表から深さ z までの岩石柱の重さ，すなわち岩石柱にはたらく重力である。底面積 S，高さ z の岩石柱の体積は［　**ア**　］であり，この岩石柱の平均密度を ρ とすると，その質量は［　**イ**　］である。よって，重力加速度を g とすると，地表から深さ z までのこの岩石柱にはたらく重力は，［　**ウ**　］と表せる。したがって，深さ z における圧力を P とすると，

$P =$［　**エ**　］　……①

である。

問題⑵　地下の圧力について述べた次の文章中の空欄［　**オ**　］・［　**カ**　］に入る数値を上から 1 桁の概数で答えましょう。ただし，1GPa=1 × 10^9 Pa であり，1Pa=1N/m^2，1N=1kg・m/s^2 です。

地殻の岩石の平均密度を 3g/cm^3 とする。この密度の単位を変換すると，［　**オ**　］kg/m^3 と表せる。さらに重力加速度を 10m/s^2 とすると，**問題⑴**の①式を用いて，圧力が 0.6GPa となる深さは［　**カ**　］km であることがわかる。

ここがPOINT

Pa や N の単位は複雑に見えますが，長さの単位を m，質量の単位を kg，時間の単位を s で表したとき，

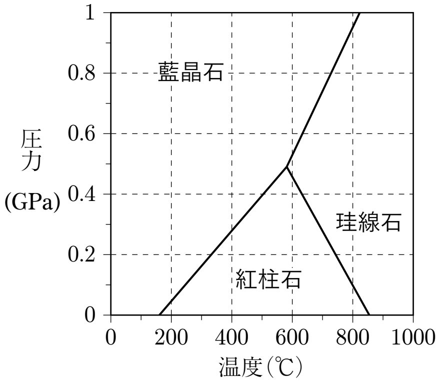
（圧力）＝（力）/（面積）

（力）＝（質量）×（加速度）

であることを用いると，特別な係数を掛ける必要がないようにできています。

言い換えると，数値計算のときには単位をこれらのものに揃えておくとよい，ということですね。

問題⑶ 次の図は，Al_2SiO_5 の相図です。この図について述べた下の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。ただし，地表の温度は 0℃とします。



火山弧では，高温のマグマが地殻内部に上昇してきている。そのため，火山弧では平均的な地下増温率が（大きい / 小さい)。それに対して，海溝付近では低温のプレートが沈み込んでいる。そのため，海溝付近では平均的な地下増温率が（大きい / 小さい)。

ここで，地下増温率が 20K/km の地域 **A** と 50K/km の地域 **B** について考えよう。地域 **A** で圧力が 0.6GPa になる深さでは温度が約（40 / 100 / 400 / 1000）℃であり，この条件では（藍晶石 / 珪線石）が安定に存在する。それに対して，地域 **B** で圧力が 0.6GPa になる深さでは温度が約（40 / 100 / 400 / 1000）℃であり，この条件では（藍晶石 / 珪線石）が安定に存在する。

地下増温率の特徴をもとにすると地域 **A** は（火山弧 / 海溝付近)，地域 **B** は（火山弧 / 海溝付近）に対応するといえる。また，このことから，藍晶石は（低温高圧型 / 高温低圧型）の変成岩である（片麻岩 / 片岩）に含まれやすく，珪線石は（低温高圧型 / 高温低圧型）の変成岩である（片麻岩 / 片岩）に含まれやすいと考えられる。

第 8 講　PART6　確認問題

次の文章を読み，下の問いに答えよ。

問１　鉱物を構成する原子やイオンは，鉱物が形成されるときの温度・圧力条件によってその配列のしかた（結晶構造）が異なる。結晶構造が異なると同じ化学組成であっても物理的な性質が異なり，このような鉱物どうしの関係を（　ア　）という。

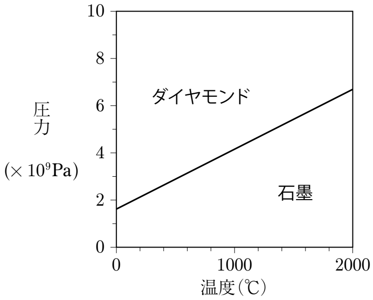
(1)　空欄アに入る語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

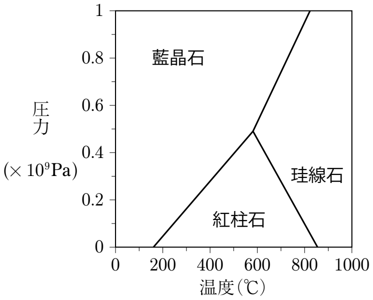
①　自形　　②　他形
③　片理　　④　多形

(2)　ダイヤモンドと互いに空欄アの関係になっている鉱物として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　石英　　②　石墨
③　紅柱石　　④　藍晶石

問２　下図は鉱物がどのような温度・圧力条件の下で形成されるのかを示したもので相図という。変成岩中にどんな鉱物が存在するのかを調べ，その鉱物に関する相図を読み取ることにより，変成岩が形成されたときの温度や圧力を推定することができる。





⑴ 600℃，0.2×10^9 Pa という条件下で形成された鉱物が，温度・圧力の変化により，珪線石に変わったとする。このときの温度・圧力の変化として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 温度・圧力ともに上昇した。

② 温度・圧力ともに低下した。

③ 圧力は変化せず，温度が低下した。

④ 圧力が低下し，温度は変化しなかった。

⑵ 紅柱石，珪線石，藍晶石のうち，ダイヤモンドが形成される温度・圧力条件下で，形成されるものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 紅柱石　② 珪線石

③ 藍晶石　④ 紅柱石，珪線石，藍晶石

第 8 講　造山運動

PART1　地殻変動の測定

問題(1)　GNSS

問題(2)　西北西，数十 cm，東南東，数十 cm，短縮

PART2　地殻変動と地形

問題(1)　海側，一定であり，形成されない，高くなり，形成される

問題(2)　10 万年，100 ～ 150m，低下，海側，上昇，陸側，低下，海側，上側

PART3　地殻変動と大陸地殻の形成

問題(1)　西部，新しい

問題(2)　原生代，新しく，北西から南東

PART4　付加体の形成と構造侵食

問題(1)　SiO_2，放散虫，チャート，タービダイト，

問題(2)　逆断層，逆断層，海側

PART5　変成作用と変成岩

問題(1)　高い，片麻岩，低い，片岩

問題(2)　火山弧の地下は周囲より高温，海溝付近の地下は周囲より低温となっているので，適当なものは X だと判断できる。

PART6　変成条件の推定

問題(1)　ア：Sz　イ：ρSz　ウ：ρSzg　エ：ρzg

問題(2)　オ：3×10^3　カ：20

問題(3)　大きい，小さい，400，藍晶石，1000，珪線石，
海溝付近，火山弧，低温高圧型，片岩，高温低圧型，片麻岩

第 8 講　PART6　確認問題　解答

問 1

(1)　④

解説：
化学組成が同じで結晶構造が異なる鉱物の関係を多形という。

(2)　②

解説：
ダイヤモンドと多形の関係にあるものは，化学組成が同じ C の石墨である。

問 2

(1)　①

解説：
図中の 600℃，2×10^{8} Pa の点が珪線石の領域（右上）へ移動するので，温度も圧力も上昇させる必要がある。

(2)　③

解説：
ダイヤモンドと形成領域が重なるのは藍晶石だけである。